

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

014709413 **Image available**

WPI Acc No: 2002-530117/ 200257

XRAM Acc No: C02-150236

XRPX Acc No: N02-419714

Contact metallization used in production of semiconductors contains copper distributed in partial volume

Patent Assignee: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH & CO OHG (SIEI)

Inventor: ARNOLD C; BRUEDERL G; HAERLE V; LELL A; WEIMAR A

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 10060439	A1	20020613	DE 1060439	A	20001205	200257 B

Priority Applications (No Type Date): DE 1060439 A 20001205

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 10060439	A1	7		H01L-033/00	

Abstract (Basic): DE 10060439 A1

NOVELTY - Contact metallization contains copper distributed in a partial volume.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for the production of a contact metallization comprising applying a contact metallization containing copper on a p-conducting region (2) of a GaN-based semiconductor structure (1); and curing the metallization at elevated temperature so that copper is distributed in partial volume regions of the contact metallization.

Preferred Features: Copper is uniformly distributed in the whole of the metallization. The metallization contains a layer of nickel, gold, platinum, palladium, tantalum, titanium, chromium, tungsten, indium, magnesium or silicon. An adhesion layer (4) containing titanium or chromium is formed on the side of the metallization facing the semiconductor.

USE - Used in the production of semiconductors.

ADVANTAGE - The metallization has a low contact resistance.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross-section through the contact metallization.

Semiconductor structure (1)

P-conducting region (2)

Adhesion layer (4)

pp; 7 DwgNo 1/3

Title Terms: CONTACT; METALLISE; PRODUCE; SEMICONDUCTOR; CONTAIN; COPPER; DISTRIBUTE; VOLUME

Derwent Class: L03; U11; U12

International Patent Class (Main): H01L-033/00

File Segment: CPI; EPI

Manual Codes (CPI/A-N): L04-C10D; L04-C11

Manual Codes (EPI/S-X): U11-C05C; U12-A01

AP7

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ ⑫ **Offenlegungsschrift**
⑯ ⑯ **DE 100 60 439 A 1**

⑯ Int. Cl. 7:
H 01 L 33/00

DE 100 60 439 A 1

⑯ ⑯ Aktenzeichen: 100 60 439.0
⑯ ⑯ Anmeldetag: 5. 12. 2000
⑯ ⑯ Offenlegungstag: 13. 6. 2002

⑯ ⑯ Anmelder:

OSRAM Opto Semiconductors GmbH & Co. oHG,
93049 Regensburg, DE

⑯ ⑯ Vertreter:

Epping, Hermann & Fischer, 80339 München

⑯ ⑯ Erfinder:

Arnold, Claudia, 93049 Regensburg, DE; Brüderl,
Georg, Dr., 93133 Burglengenfeld, DE; Härlé, Volker,
Dr., 93164 Laaber, DE; Lell, Alfred, 93142
Maxhütte-Haidhof, DE; Weimarr, Andreas, 93049
Regensburg, DE

⑯ ⑯ Entgegenhaltungen:

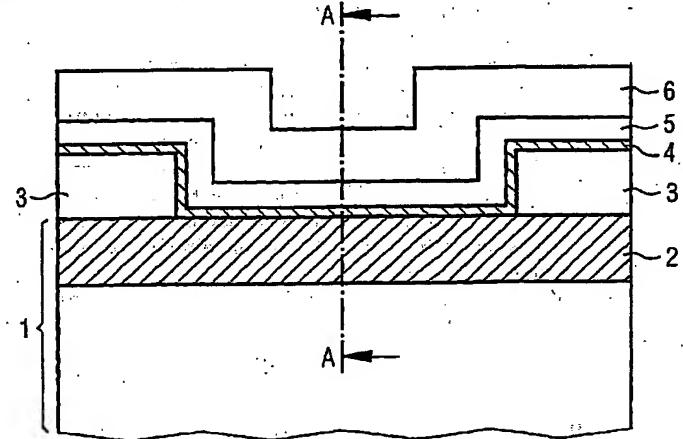
DE 199 34 031 A1
DE 198 20 777 A1
US 61 17 700 A
US 59 90 500 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ ⑯ Kontaktmetallisierung für GaN-basierende Halbleiterstrukturen und Verfahren zu deren Herstellung

⑯ ⑯ Die Erfindung beschreibt eine Kontaktmetallisierung für einen p-leitenden Bereich (2) einer GaN-basierten Halbleiterstruktur (1) sowie ein Verfahren zu deren Herstellung. In der Kontaktmetallisierung ist Kupfer enthalten, das vorzugsweise in der gesamten Kontaktmetallisierung gleichmäßig verteilt ist.



DE 100 60 439 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Kontaktmetallisierung für GaN-basierende Halbleiterstrukturen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und Verfahren zu deren Herstellung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 16.

[0002] Unter GaN-basierenden Materialien sind hierbei neben GaN selbst von GaN abgeleitete oder mit GaN verwandte Materialien sowie darauf aufbauende ternäre oder quaternäre Mischkristalle zu verstehen. Speziell fallen hierunter die Materialien AlN, InN, AlGaN ($Al_{1-x}Ga_xN$, $0 \leq x \leq 1$), InGaN ($In_{1-x}Ga_xN$, $0 \leq x \leq 1$), InAlN ($In_{1-x}Al_xN$, $0 \leq x \leq 1$) und AlInGaN ($Al_{1-x-y}In_xGa_yN$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$). Die Bezeichnung "GaN-basierend" bezieht sich im folgenden neben GaN selbst insbesondere auf diese Materialsysteme.

[0003] Kontaktmetallisierungen dienen im allgemeinen der elektrischen Kontaktierung von Halbleiterstrukturen. Üblicherweise werden diese Kontaktmetallisierungen unter der Maßgabe ausgebildet, einen möglichst geringen Kontaktwiderstand und ein weitgehend ohmsches Verhalten zu erzielen.

[0004] Bei Halbleiter-Metall-Kontakten hängt der Kontaktwiderstand wesentlich von der Höhe der Schottky-Barriere ab. Die Höhe dieser Barriere wiederum wird maßgeblich von dem energetischen Bandabstand des Halbleiters beeinflußt. Aufgrund des großen Bandabstands (GaN: $E_g = 3,39$ eV bei $T = 300$ K) weisen Metall-Halbleiter-Kontakte bei GaN-basierenden Halbleitern einen vergleichsweise hohen Kontaktwiderstand auf. Ein hoher Kontaktwiderstand ist insbesondere wegen der daran abfallenden Verlustleistung und der damit verbundenen Verlustwärme unerwünscht.

[0005] Kontaktmetallisierungen für GaN-basierende Halbleiterstrukturen sind beispielsweise aus der Patentschrift US 6,093,965 bekannt. Hierin sind für p-leitende GaN-basierende Halbleiter Kontaktmetallisierungen mit einer mehrschichtigen Struktur beschrieben, deren Einzelschichten vor allem Gold, Nickel, Platin, Aluminium, Zink, Indium, Chrom oder Titan enthalten. Zur Herstellung der Kontaktmetallisierung werden die Einzelschichten nacheinander aufgedampft und bei $400^\circ C$ ausgeheilt.

[0006] Bekannt ist weiterhin, den Kontaktwiderstand eines Metall-Halbleiter-Kontakts durch eine hohe Dotierung des Halbleiters zu vermindern. Bei p-leitenden GaN-basierenden Halbleitern wird die Höhe der erreichbaren p-Dotierung durch Selbstkompensationseffekte und elektrisch inaktiven Einbau der Dotierstoffe stark begrenzt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, für p-leitende Bereiche GaN-basierender Halbleiter eine Kontaktmetallisierung mit einem erniedrigten Kontaktwiderstand zu schaffen. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein Herstellungsverfahren hierfür anzugeben.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Kontaktmetallisierung nach Patentanspruch 1 sowie ein Herstellungsverfahren nach Patentanspruch 16 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Ansprüche 2 bis 15 und 17 bis 20.

[0009] Erfindungsgemäß ist eine Kontaktmetallisierung für p-leitende Bereiche GaN-basierender Halbleiter vorgesehen, in der Kupfer verteilt ist. Die Zugabe von Kupfer in geeigneter Menge bewirkt dabei mit Vorteil eine Reduzierung des Kontaktwiderstands.

[0010] Bei der Erfindung kann Kupfer in einzelnen Teilvolumenbereichen der Kontaktmetallisierung, insbesondere in der Nähe der Halbleitergrenzfläche, oder vorzugsweise in der gesamten Kontaktmetallisierung verteilt sein, wobei eine näherungsweise Gleichverteilung des Kupfers beson-

ders bevorzugt wird. Die Reduzierung des Kontaktwiderstands ist in diesem Fall besonders gut ausgeprägt.

[0011] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung besteht die Kontaktmetallisierung aus einer Mehrzahl von Einzelschichten, die bevorzugt mindestens eines der Elemente Nickel, Gold, Platin, Palladium, Tantal, Chrom, Wolfram, Silizium, Kohlenstoff, Indium oder Magnesium enthalten. Durch den mehrschichtigen Aufbau können dabei weitere Anforderungen an die Kontaktmetallisierung wie beispielsweise einerseits die Haftung auf dem Halbleiterkörper und andererseits die Bondbarkeit optimal erfüllt werden. Zudem kann dadurch die Herstellung der Kontaktmetallisierung vereinfacht werden.

[0012] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist die Kontaktmetallisierung auf der an den Halbleiter grenzenden Seite eine Haftschicht auf, die vorzugsweise Titan oder Chrom enthält. Durch eine solche Haftschicht wird die mechanische Festigkeit und Haftung der Kontaktmetallisierung vorteilhaft erhöht.

[0013] Auf der von dem Halbleiter abgewandten Seite der Kontaktmetallisierung ist bevorzugt eine bondfähige Metallschicht in Form einer Gold oder Aluminium enthaltenden Einzelschicht ausgebildet. Die Materialien eignen sich insbesondere zur weiteren Kontaktierung mittels einer Lötvverbindung wie beispielsweise einer angelöteten Drahtverbindung oder eine Lötvverbindung mit einem Leiterrahmen.

[0014] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung enthält die Kontaktmetallisierung eine Diffusionssperre. Diese Diffusionssperre kann in Form einer Einzelschicht ausgebildet sein, die vorzugsweise mindestens eines der Element bzw. Verbindungen Palladium, Platin, Titanitrid oder Titanwolframatitrid enthält. Durch eine solche Diffusionssperre wird mit Vorteil eine zu starke Diffusion von Metallen aus der Kontaktmetallisierung in den Halbleiterkörper und die damit verbundene Gefahr einer Beeinträchtigung der Halbleiterfunktionalität reduziert.

[0015] Die erfindungsgemäß Kontaktmetallisierung ist vor allem zur Kontaktierung p-leitender Bereiche einer GaN-basierende Halbleiterstruktur vorgesehen. Zur Ausbildung eines p-leitenden Bereichs eignet sich bei GaN-basierenden Halbleitern vorzugsweise eine Magnesium-Dotierung. Alternativ kann als Dotierstoff Kohlenstoff, Beryllium, Kadmium oder Zink verwendet werden.

[0016] Mit Vorteil kann die Erfindung insbesondere bei GaN-basierenden optoelektronischen Bauelementen wie LEDs (light emitting diode) und Lasern sowie HEMTs (high electron mobility transistor) und MESFETs (metal semiconductor field effect transistor) eingesetzt werden.

[0017] Zur Herstellung der Kontaktmetallisierung ist erfindungsgemäß vorgesehen, zunächst auf einer p-leitenden GaN-basierenden Halbleiterstruktur oder einem p-leitenden Bereich einer GaN-basierenden Halbleiterstruktur eine Kontaktmetallisierung auszubilden, die Kupfer enthält. Danach wird die Kontaktmetallisierung bei erhöhter Temperatur, vorzugsweise etwa $500^\circ C$, ausgeheilt (Annealing), so daß sich das Kupfer zumindest in Teilvolumenbereichen der Kontaktmetallisierung verteilt.

[0018] Bevorzugt wird die Kontaktmetallisierung in Form mehrerer Einzelschichten aufgebracht, wobei mindestens eine Schicht Kupfer enthält. Besonders bevorzugt werden die Schichten mittels eines PVD-Verfahrens (physical vapour deposition) abgeschieden. Die Kupfer enthaltende Schicht kann als reine Kupferschicht oder durch Coverdampfung mit mindestens einem weiteren Metall als gemischte Metallschicht ausgebildet werden.

[0019] Weitere Merkmale, Vorteile und Zweckmäßigkeit der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgenden Ausführungsbeispiel in Verbindung mit den Fig. 1 bis 3.

[0020] Es zeigen:

[0021] Fig. 1 eine schematische Schnittansicht des Ausführungsbeispiels einer erfundungsgemäßen Kontaktmetallisierung.

[0022] Fig. 2 die Verteilung einzelner Metalle in dem Ausführungsbeispiel einer erfundungsgemäßen Kontaktmetallisierung und

[0023] Fig. 3 die Kennlinie eines GaN-basierenden Halbleiterbauelements mit einer dem Ausführungsbeispiel entsprechenden Kontaktmetallisierung.

[0024] Gleiche oder gleich wirkende Elemente sind hierbei mit denselben Bezugssymbolen versehen.

[0025] In Fig. 1 ist ein GaN-basierender Halbleiterkörper 1 dargestellt, auf dessen Oberseite eine p-GaN-Schicht 2 ausgebildet ist. In Verbindung mit einer n-leitenden Schicht (nicht dargestellt) kann damit beispielsweise eine lichtemittierende Diode (LED) auf GaN-Basis gebildet werden. Als p-Dotierung dient Magnesium, das alternativ auch durch Zink, Kohlenstoff oder Cadmium ersetzt sein kann.

[0026] Weiterhin kann der Halbleiterkörper zusätzliche Strukturen wie zum Beispiel Quantentopfstrukturen und Wellenleiterschichten zur Bildung eines GaN-basierenden Halbleiterlasers enthalten. Bei all diesen Bauelementen ist eine niedriger Kontaktwiderstand von großem Vorteil, um einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen.

[0027] Auf der p-leitenden Schicht 2 ist zur Strukturierung der nachfolgenden Kontaktsschicht in Teilbereichen eine Siliziumoxid Schicht 3 abgeschieden.

[0028] Auf die so gebildete Oberfläche des Halbleiterkörpers ist als Haftvermittler eine 10 nm dicke Titanschicht 4 aufgedampft, auf die wiederum eine Palladiumschicht 5 als Diffusionssperre aufgebracht ist. Oberseitig ist darauf eine bondfähige Anschlußschicht 6 in Form einer 600 nm dicken Goldschicht ausgebildet. In der Kontaktmetallisierung ist zumindest in einem Teilvolumenbereich Kupfer mit einer Konzentration bis etwa 5% (Atomprozent) verteilt. Die Diffusionssperre verhindert ein Eindringen von Materialien der Kontaktmetallisierung, speziell Gold, in den Halbleiterkörper, insbesondere während des Ausheilens bei der Herstellung der Kontaktmetallisierung.

[0029] Hergestellt wird diese Kontaktmetallisierung, indem zunächst die Titanschicht 4, darauf die Palladiumschicht 5 und danach die Goldschicht mittels eines PVD-Verfahrens auf dem Halbleiterkörper 1 abgeschieden wird. Dabei wird zusammen mit Palladium Kupfer aufgedampft, so daß die Palladiumschicht 5 einen Kupferanteil von etwa 5% enthält. Nach der Abscheidung der Schichten 4, 5 und 6 wird die so gebildete Kontaktmetallisierung etwa 300 s lang bei circa 500°C ausgeheilt, wobei sich die Kupferbeimengung gleichmäßig in der gesamten Kontaktmetallisierung verteilt.

[0030] Das Konzentrationsprofil der einzelnen Metalle der Kontaktmetallisierung ist in Fig. 2 dargestellt. Diese Profile wurden mittels Augerelektronenspektroskopie (AES) ermittelt.

[0031] Aufgetragen ist die Augerelektronenintensität für die einzelnen Metalle in Abhängigkeit der Bestrahlungszeit (sputter time t). Die Augerelektronenintensität ist dabei ein Maß für die Konzentration des zugehörigen Metalls, die Bestrahlungszeit entspricht der Tiefe, in der diese Konzentration vorliegt. Das gemessene Profil gibt die Metallkonzentrationen entlang der in Fig. 1 eingetragenen Linie A-A an, wobei der Zeitnullpunkt der oberseitigen Grenzfläche der Kontaktmetallisierung entspricht.

[0032] In Fig. 2a sind die Konzentrationsprofile vor dem Ausheilen der Kontaktmetallisierung dargestellt. Von links nach rechts, entsprechend in der Kontaktmetallisierung von oben nach unten, dominiert zunächst das Gold-Profil 16 und

danach das Palladiumprofil 15, das mit dem Titanprofil 14 überlappt. Dies entspricht der in Fig. 1 gezeigten Schichtenfolge. Die Palladiumschicht weist dabei einen auf diese Schicht lokal begrenzten Kupferanteil auf, wie das Kupferprofil 13 zeigt.

[0033] Die entsprechenden Profile nach dem Ausheilen bei 500°C über 300 s sind in Fig. 2b dargestellt. Die Profile von Gold 16 und Titan 14 sind im wesentlichen unverändert, das Palladiumprofil 15 weist einen deutlichen Ausläufer in die Goldschicht auf.

[0034] Die lokal begrenzte Kupferkonzentration innerhalb der Palladiumschicht hingegen ist stark reduziert und Kupfer über die gesamte Kontaktmetallisierung gleichmäßig verteilt, wie das flache Kupferprofil 13 zeigt.

[0035] In Fig. 3 ist die U-I-Kennlinie eines GaN-basierenden Halbleiterbauelements mit einer Fig. 1 entsprechenden Kontaktmetallisierung vor und nach dem Ausheilen dargestellt. Aufgetragen ist jeweils die Betriebsspannung eines GaN-basierenden Oxidstreifenlasers in Abhängigkeit des Betriebsstroms.

[0036] Die Kennlinie 7 entspricht der Kontaktmetallisierung vor dem Ausheilen, die Kennlinie 8 der Kontaktmetallisierung nach dem Ausheilen. Bei gleichem Betriebsstrom ist die Betriebsspannung bei ausgeheilter Kontaktmetallisierung mit entsprechend gleichförmiger Kupferverteilung deutlich geringer als im nicht ausgeheilten Zustand. Ab einem Betriebsstrom von 100 mA beträgt die Reduktion der Betriebsspannung etwa 5 V.

[0037] Die Erläuterung der Erfindung anhand des beschriebenen Ausführungsbeispiels ist selbstverständlich nicht als Beschränkung der Erfindung hierauf zu verstehen. Insbesondere umfaßt die Erfindung auch weitere Kupfer enthaltende, geeignete Schichtsysteme wie beispielsweise Nickel-Gold-, Nickel-Platin-, Palladium-Gold-, Tantal-Titan-, Chrom-Gold-, Titan-Platin-Gold-, Nickel-Platin-Gold-, Platin-Nickel-Gold-, Chrom-Nickel-Gold-, Nickel-Chrom-Gold-, Wolframsilizid-, Gold-Kohlenstoff-Nickel-, Nickel-Magnesium-Nickel-Silizium- und Nickel-Indium-Schichtfolgen, jeweils mit der entsprechenden Kupferverteilung.

40

Patentansprüche

1. Kontaktmetallisierung für einen p-leitenden Bereich (2) eines GaN-basierenden Halbleiters, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest in einem Teilvolumenbereich der Kontaktmetallisierung Kupfer verteilt ist.

2. Kontaktmetallisierung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Kupfer in der gesamten Kontaktmetallisierung verteilt ist.

3. Kontaktmetallisierung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß Kupfer in der gesamten Kontaktmetallisierung gleichmäßig verteilt ist.

4. Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktmetallisierung zumindest eine Schicht (4, 5, 6) aufweist, die mindestens eines der Elemente Nickel, Gold, Platin, Palladium, Tantal, Titan, Chrom, Wolfram, Indium, Magnesium oder Silizium enthält.

5. Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß auf der dem Halbleiter zugewandten Seite der Kontaktmetallisierung eine Haftschiicht (4) ausgebildet ist.

6. Kontaktmetallisierung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Haftschiicht (4) Titan oder Chrom enthält.

7. Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß auf der von dem

Halbleiter abgewandten Seite der Kontaktmetallisierung eine Anschlußschicht (6) aus einem bondfähigen Material gebildet ist.

8. Kontaktmetallisierung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Anschlußschicht (6) mindestens eines der Elemente Gold, Platin, Nickel oder Aluminium enthält.

9. Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß in der Kontaktmetallisierung eine Diffusionssperre ausgebildet ist.

10. Kontaktmetallisierung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionssperre in Form einer Einzelschicht (5) ausgebildet ist, die mindestens eines der Elemente bzw. eine der Verbindungen Palladium, Platin, Titanitrid oder Titanwolframatitrid enthält.

11. Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktmetallisierung auf einem p-leitenden Bereich (2) einer GaN-basierenden Halbleiterstruktur (1) aufgebracht ist.

12. Kontaktmetallisierung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterstruktur (1) Schichten enthält, die im wesentlichen aus GaN, AlGaN, InGaN, AlInGaN, AlN, InAlN oder InN bestehen.

13. Kontaktmetallisierung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterstruktur (1) der Strahlungserzeugung dient.

14. Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Halbleiterstruktur (1) eine Leuchtdioden- oder Laserstruktur darstellt, insbesondere mit einer Einfach- oder Mehrfachquantentopfstruktur als aktiver, der Strahlungserzeugung dienenden Schicht.

15. Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupferkonzentration zwischen 0% und 50%, vorzugsweise zwischen 0% und 10% liegt.

16. Verfahren zur Herstellung einer Kontaktmetallisierung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, gekennzeichnet durch die Schritte

- Aufbringung einer Kupfer enthaltenden Kontaktmetallisierung auf einen p-leitenden Bereich (2) einer GaN-basierenden Halbleiterstruktur (1),
- Ausheilen der Kontaktmetallisierung bei erhöhter Temperatur derart, daß sich Kupfer zumindest in Teilvolumenbereichen der Kontaktmetallisierung verteilt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktmetallisierung vor dem Ausheilen ausgebildet wird durch die Schritte

- Aufbringung einer Titan oder Chrom enthaltenden ersten Schicht (4),
- Aufbringung einer Kupfer und Palladium enthaltenden zweiten Schicht (5),
- Aufbringung einer Gold enthaltenden dritten Schicht (6).

18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktmetallisierung aufgedampft wird.

19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Schicht (5) durch Coverdampfung von Kupfer und Palladium ausgebildet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Aushilfung bei etwa

60

55

5

500°C erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG 1

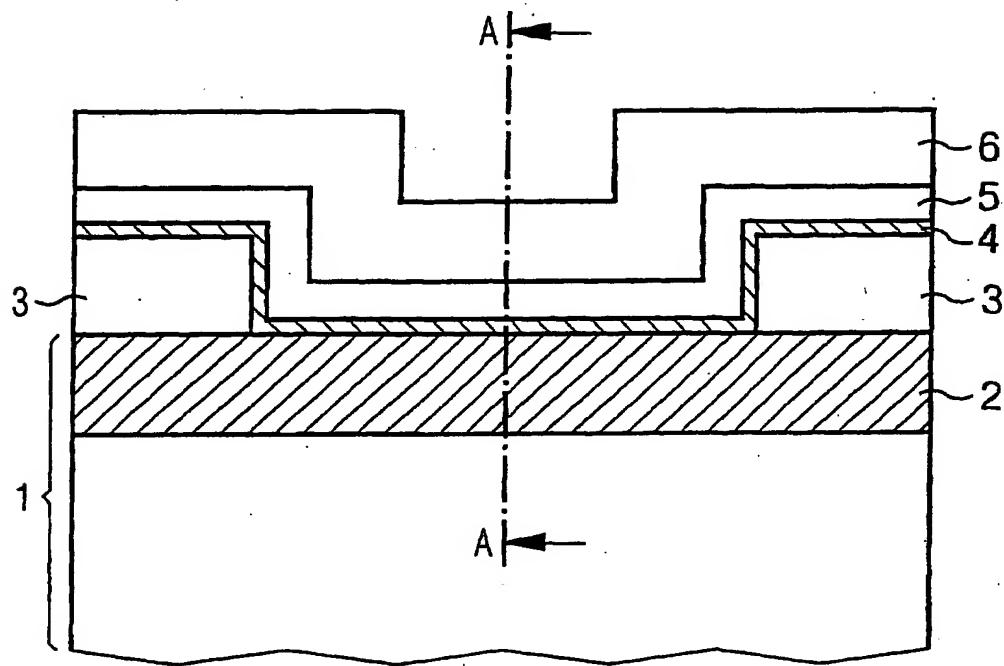


FIG 2A

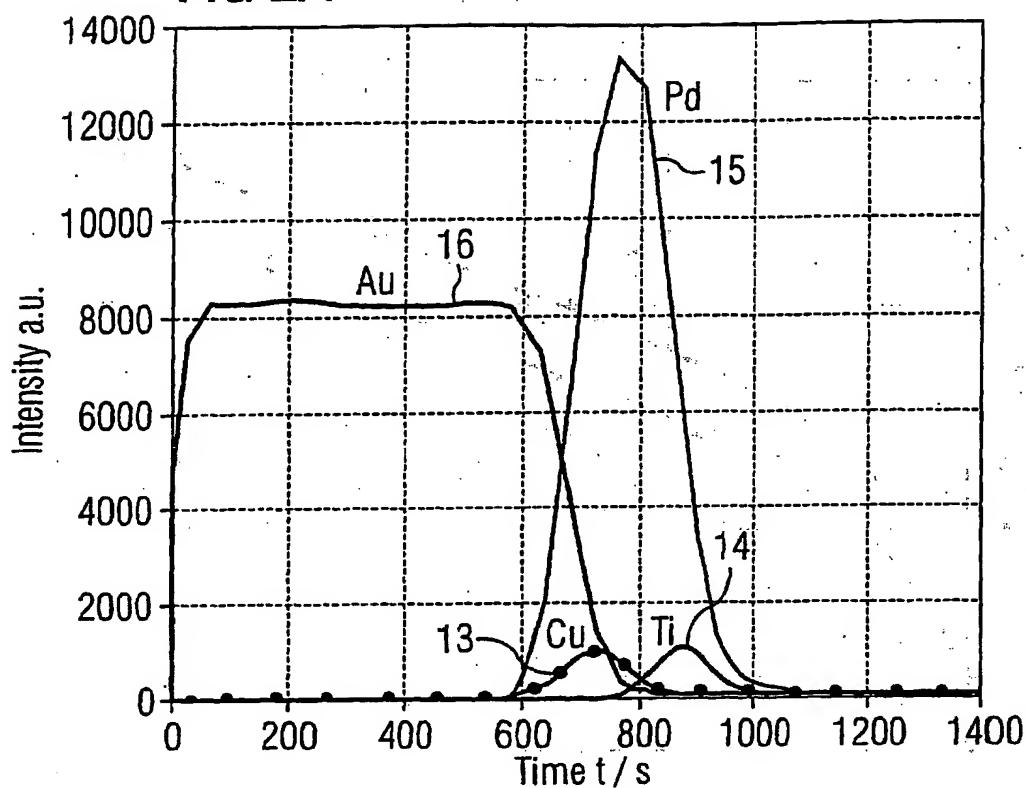


FIG 2B

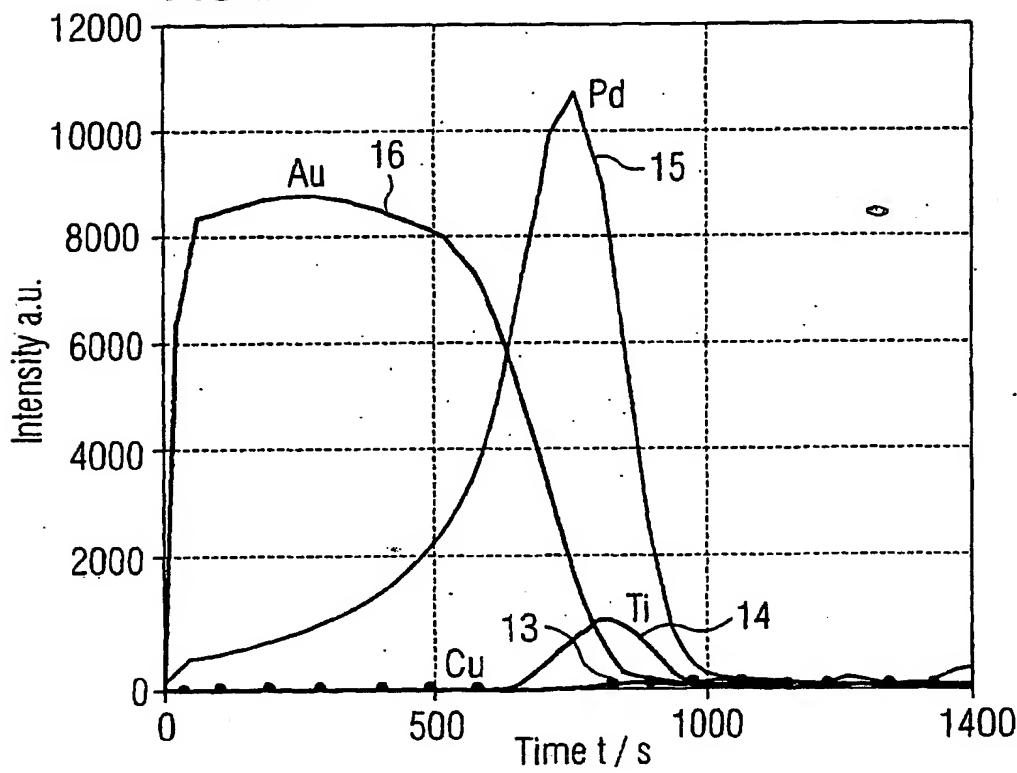


FIG 3

